

THOMAS JÖLLENBECK, CHRISTOPH SCHÖNLE, KATHARINA BECK,
DOROTHEE NEUHAUS, JULIANE PIETSCHMANN, CORINNA WAWER

Dynamischer Knievalgus - Hauptrisikofaktor für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes?

Einleitung

Rupturen des vorderen Kreuzbandes (VKB bzw. ACL, anterior cruciate ligament) sind ernste Knieverletzungen, die für den Sportler meist mit schwerwiegenden Folgen verbunden sind. Diese reichen neben einer Operation mit anschließender langen Rehabilitationsphase und einer Sportpause von 6-12 Monaten von begleitenden Meniskus- und Knorpelverletzungen über degenerativ arthrotische Veränderungen bis hin zur Sportinvalidität (Daniel et al. 1994). Aus den USA werden aktuell pro Jahr bis zu 250.000 VKB-Rupturen berichtet (Smith et al. 2011), die hierbei entstehenden Kosten für das Gesundheitssystem werden auf rd. 3 Milliarden US\$ geschätzt (Padua et al. 2011). Besonders häufig treten VKB-Rupturen in Sportarten mit Sprüngen, Stoppbewegungen und plötzlichen Drehungen auf, insbesondere im Fußball, Handball und Basketball (Überblick in Alentorn-Geli et al. 2009a, Gokeler et al. 2011). Hierbei finden 70-84% der Verletzungen als so genannte Non-Contact-Verletzungen ohne direkte Gegnereinwirkung statt (Petersen & Zantop, 2009). Studien zeigen zudem eine erheblich höhere Inzidenz von Kreuzbandrupturen bei Kindern und Jugendlichen sowie vor allem bei weiblichen Sportlern mit einer 2,4- bis 9,5-mal höheren Verletzungsrate gegenüber männlichen Sportlern. Epidemiologisch werden verschiedene Risikofaktoren diskutiert (Übersicht in Alentorn-Geli et al. 2009a, Gokeler et al. 2011). Anatomisch werden bei Frauen die Gelenkwinkelstellungen der unteren Extremität, d.h. eine meist breitere Hüfte, ein größerer Hüft-Varus, eine vermehrte Fußpronation sowie insbesondere die vermehrte Neigung zum Genu valgum („X-Bein“), ebenso angeführt wie eine erhöhte Bandlaxizität oder ein reduzierter intercondylärer Zwischenraum. Hormonell wird die Östrogenkonzentration als Risikofaktor kontrovers diskutiert. Aus biomechanischer Sicht werden die Kraft der knieführenden Muskulatur sowie die funktionelle Stabilität, Propriozeption und neuromuskuläre Kontrolle angeführt. So zeigen sich Frauen häufig quadrizepsdominant. In der Dynamik bei Landungen nach einem Sprung oder schnellen Richtungswechseln können die Stellung des Kniegelenkes in leichter Beugung, in Verbindung mit Valgus- und Außenrotationsstellung und einem Körperschwerpunkt hinter dem Kniegelenk (Petersen et al., 2005) ebenso wie hohe exzentrische Kontraktionen des M.quadrizeps das Kreuzband maximal belasten (Eloranta & Komi, 1980). Hohe neuromuskuläre Beanspruchungen werden ebenfalls als Risikofaktor für Kreuzbandrupturen diskutiert. Verletzungen treten gehäuft in späteren Spielphasen auf (Kernozek et al., 2008). Hohe neuromuskuläre Beanspruchungen können zu einer veränderten intermuskulären Koordination führen

(Gehring u.a., 2009), woraus veränderte resultierende Gelenkmomente entstehen können (Schmalfeld & Olivier, 2007). Als weitere Risikofaktoren müssen noch die äußeren Rahmenbedingungen wie Schuhe, Material oder Untergrund berücksichtigt werden. Als besonderer Risikofaktor wird der „valgus collapse“ Mechanismus, ein dynamische Valgisierungsbewegung im Kniegelenk in der frontalen und sagittalen Ebene bei Landungen, Drehungen und Stopps angesehen (Mandelbaum et al. 2005, Quatman & Hewett 2009). Darauf aufbauend existieren allgemeine und spezifische Präventionsprogramme (Handball, Fußball, Skilauf, s. F-Marc 2007) zur Reduktion des Risikos von Knieverletzungen (Überblick in Alentorn-Geli et al. 2009b, Jöllenbeck et al. 2011). Die Effektivität gilt jedoch trotz einiger positiver Resultate noch nicht als gesichert (Bahr & Krosshaug, 2005). Auf Basis der biomechanischen Risikofaktoren und des „valgus collapse“ sind zwei Screening-Tests entwickelt worden (Jöllenbeck et al. 2009, 2010, Padua et al. 2009). In Erweiterung erster Studien dazu (Jöllenbeck et al. 2009, 2010) war es das Ziel der Studie zu prüfen, inwieweit diese Tests auf unterschiedlichem Leistungsniveau eine wesentliche Beratungsfunktion erfüllen und zur Entwicklung individueller präventiver Trainingsprogramme beitragen können.

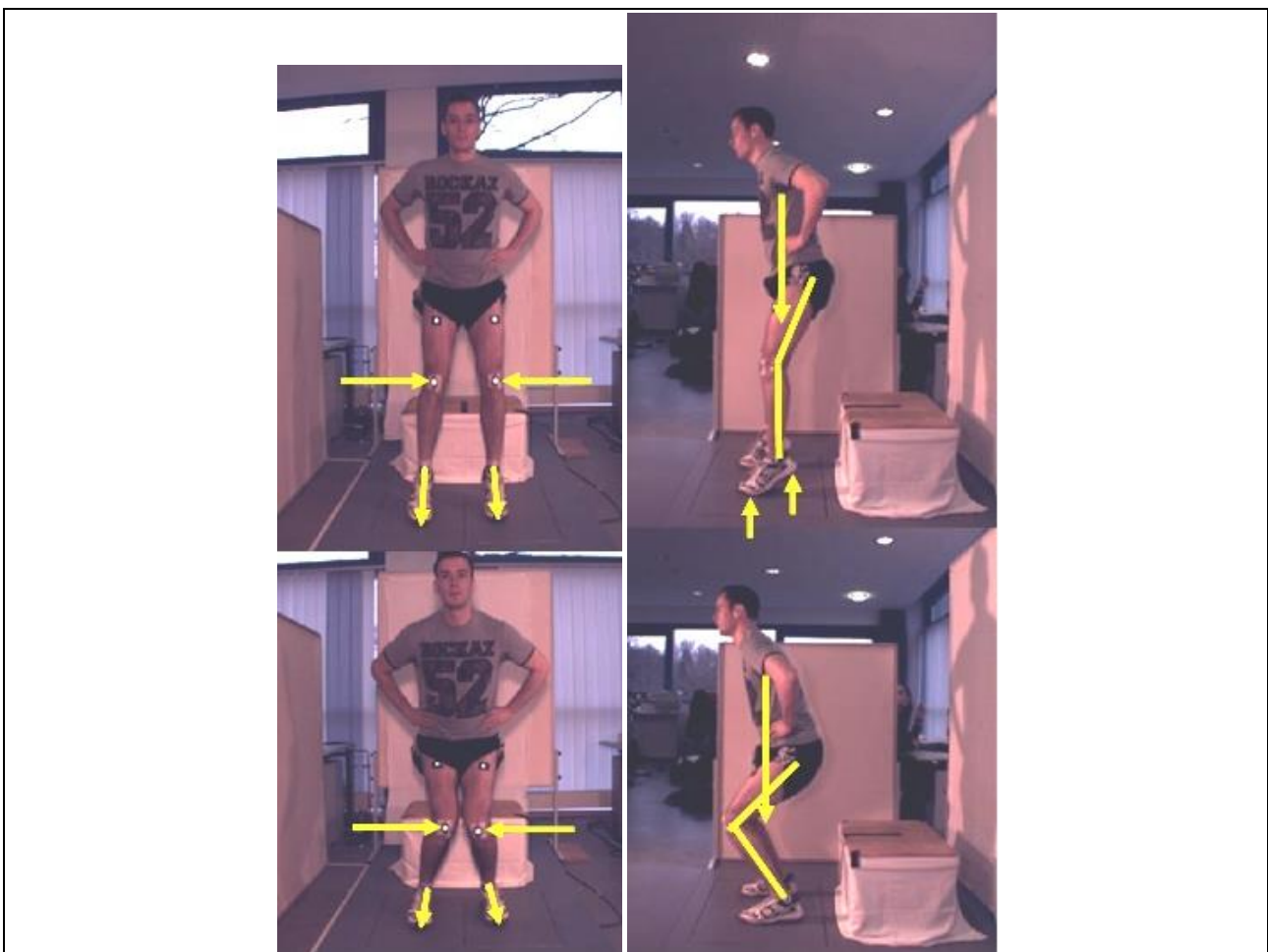


Abb. 1. Screening-Test zur Risikobewertung für VKB-Verletzungen unter Einbeziehung biomechanischer Bewegungsmerkmale wie dynamischer Knievalgus, Fußstellung, Kniewinkel, Oberkörperposition, Kräfte und Momente (Jöllenbeck et al. 2009).

Methoden

In einer prospektiven Studie mit einem Screening zur Abschätzung des Risikos von VKB-Rupturen nahmen 35 Fußballerinnen (17–30 J., 1. Bundesliga und Regionalliga) sowie 16 Handballerinnen (18–28 J., Landesliga) und 16 Handballer (17–28 J., Regionalliga) teil. Alle Probanden wurden klinisch-orthopädisch untersucht. Der Screening-Test bestand aus 3 beidbeinigen Drop Jumps (40 cm) auf 2 Kistler-Kraftmessplatten und nach kurzer Pause 3 Counter-Movement-Jumps zur Bestimmung der maximalen Sprunghöhe. Die Sprünge wurden mit 2 Highspeed-Kameras in Frontal- und Sagittalperspektive aufgezeichnet und mittels 2D-Videoanalyse ausgewertet (Abb. 1). Zusätzlich wurde ein leicht modifizierter LESS-Score (Padua et al. 2009, Drop-Jump Höhe hier 40 cm) erhoben. Die Kraft der Kniebeuger und -strecker wurde zudem isokinetisch erfasst. Das Screening der Fußballerinnen wurde unmittelbar nach dem ausbelastenden Isokinetik-Test wiederholt, um erstmals auch Effekte auf das Sprungverhalten im Zustand hoher Beanspruchung zu erfassen. Der dynamische Knievalgus ist dabei als die Änderung des horizontalen Knieabstandes zwischen dem ersten Bodenkontakt eines Fußes und der tiefsten Beugstellung während der Landung definiert. Der LESS-Score basiert auf Padua et al. 2009). Zusätzlich wurde bei den Fußballerinnen ein weiterer Score erstellt, der die verschiedenen Körperteilstellungen und ihre Veränderung während der Landung und den LESS-Score kombiniert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse lassen eine große Streubreite der Parameter dynamischer Knievalgus, LESS-Score und kombinierter Risiko-Score erkennen (Tab. 1).

Als Risikoschwelle für eine erhöhte Gefährdungslage für VKB-Rupturen wurde ein dynamischer Knievalgus oder -varus von 5 cm und mehr definiert. Demnach unterliegen bezogen auf den dynamischen Knievalgus 69% der Frauen und 63% der Männer einem erhöhten Risiko für Verletzungen des VKB. Die Risikobewertung für den LESS-Score/Risiko-Score wurde auch unter Berücksichtigung der Literaturlage wie folgt festgelegt: geringes Risiko (<5 / ≤ 1), mittleres Risiko (≥ 5 bis <7 / >1 bis <3), hohes Risiko (≥ 7 / ≥ 3). Der LESS-Score zeigt für 29% bzw. 45% der Frauen und für 31% bzw. 56% der Männer ein mittleres bzw. hohes Risiko für VKB-Verletzungen. Der kombinierte Risiko-Score zeigt für 34% bzw. 40% der Fußballerinnen ein mittleres bzw. hohes Risikopotential. Durch die Beanspruchung zeigt sich die dynamische Valgisierung bei den Fußballerinnen nicht verändert. Der LESS-Score zeigt bezogen auf die Fußballerinnen eine Steigerung des mittleren und hohen Risikos von je 34% auf nun je 40%, der kombinierte Risiko-Score zeigt nun für 46% der Frauen ein hohes Risiko und damit eine leichte Risikoerhöhung.

Nach dem Screening-Test traten in einem Zeitraum von 2-6 Monaten bei 2 Fußballerinnen (1. Bundesliga) und 2 Handballern (Regionalliga) akute Kreuzbandverletzungen auf. Das Risiko für VKB-Verletzungen war bei den beiden Handballern so-

wie bei einer Fußballerin bei der dynamischen Valgisierung als gering, beim LESS-Score als mittel und für die Fußballerin zudem beim kombinierten Risiko-Score als gering eingestuft worden, alle Werte lagen jeweils unter den Gruppenmittelwerten.

Tab. 1. *Dynamischer Knievalgus(DynValg) [cm], LESS-Score sowie kombinierter Risiko-Score (Risk-Score) während der Landung nach Drop Jump im frischen und beanspruchten (nur Fußballerinnen) Zustand*

Gruppe	N	Zustand		DynValg. [cm]	LESS-Score	Risiko-Score
Fußballerinnen	35	frisch	MW	-6,7 ±3,5	6,1 ±1,9	2,5 ±1,6
			Min	-12,7	1,3	0,0
			Max	2,4	9,3	5,0
		beansprucht	MW	-6,7 ±3,5	6,3 ±1,9	2,7 ±1,4
			Min	-15,3	1,7	0,0
			Max	1,5	10,0	5,0
Handballerinnen	16	frisch	MW	-5,8 ±3,8	7,5 ±2,1	
			Min	-12,3	2,7	
			Max	0,7	10,7	
Handballer	16	frisch	MW	-3,3 ±6,1	6,7 ±2,0	
			Min	-10,9	2,5	
			Max	13,6	9,2	

Lediglich für eine verletzte Fußballerin und damit nur für 1 von 4 betroffenen Sportlern zeigte die dynamische Valgisierung mit 7,2-8,0 cm ein hohes, der LESS-Score mit 4,8-6,0 ein geringes bis mittleres und der kombinierte Risiko-Score mit 2,0-3,0 eine mittleres bis hohes Risiko für VKB-Verletzungen. Dabei lag nur die dynamische Valgisierung und der kombinierte Risiko-Score bei Beanspruchung leicht über dem Gruppenmittelwert.

Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen in weiten Teilen frühere Ergebnisse (Jöllenbeck et al. 2009, 2010) und zeigen, dass der dynamischen Knievalgus eine große Streubreite bei Männern und Frauen aufweist. Das hohe Risikopotential der hier untersuchten Handballer (3. Liga) zeigt weiterhin deutlich, dass das Risiko für Kreuzbandverletzungen nicht auf weibliche Sportler begrenzt ist. Auch das vermutete erhöhte Risiko im Zustand der Beanspruchung lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht bestätigen, hier sind lediglich Trends auszumachen. Möglicherweise war die isokinetische Ausbelastung nicht groß genug, um lange Spielzeiten zu simulieren. Hierfür sprechen auch die im Mittel nur geringfügig reduzierten Sprunghöhen.

Eine Besonderheit dieser Studie stellen die im Anschluss an das Screening bei einigen Sportlern (1. Liga, 3. Liga) aufgetretenen VKB-Verletzungen dar. 3 von 4 betroffenen Sportlern waren als gering oder nur in Teilen als mittel gefährdet eingestuft worden, lediglich eine Fußballerin schien mit höherem Risiko versehen. Trotz-

dem lagen alle betroffenen Sportler mit ihren Werten bezogen auf das Gefährdungspotential in der unteren Hälfte mit dem geringeren Gesamtrisiko.

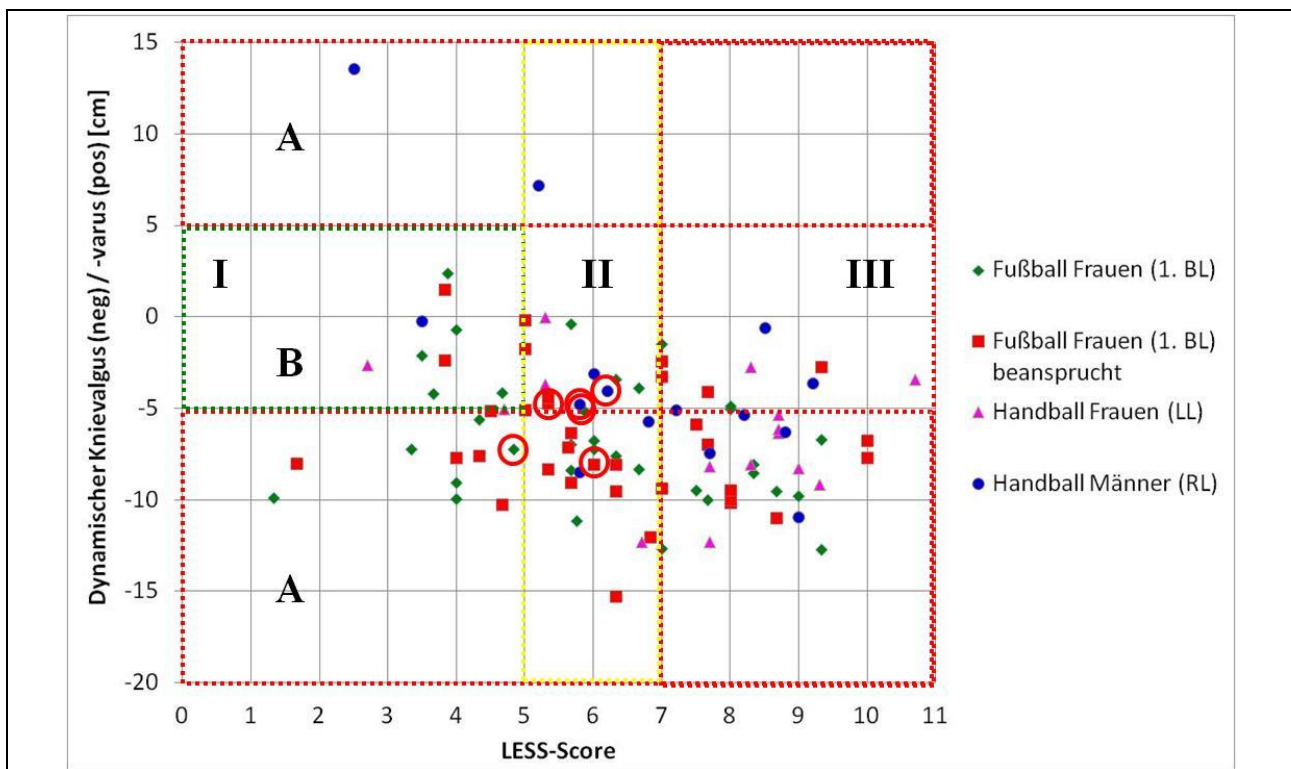


Abb. 2. Plot-Grafik von dynamischem Knievalgus (Horizontalbereich A – hohes, B –geringes Risiko) und zugehörigem LESS-Score (Vertikalbereich I – geringes, II – mittleres, III – hohes Risiko), eingekreist sind die Vpn mit VKB-Verletzung.

Diese Ergebnisse lassen zumindest zweifeln, ob ein dynamischer Knievalgus weiter als Hauptrisikofaktor für VKB-Verletzungen gelten kann. Vielmehr ist zu überlegen, inwieweit künftig zwischen vermeintlichen Risikofaktoren und Verletzungsmechanismen einerseits und individuellen anatomischen Voraussetzungen, Bewegungsausführungen und Adaptationen andererseits genauer differenziert werden muss. So können die gezeigten Bewegungsmuster bei Niedersprüngen auch als Ausdruck einer individuellen funktionalen Adaptation des Bewegungsapparates an die Zielaufgabe gewertet werden, so dass erst deutliche Abweichungen davon den eigentlichen Risikofaktor ausmachen. Dies würde die Bedeutung eines dynamischen Knievalgus und weiterer Risikofaktoren zwar nicht grundsätzlich in Frage stellen, jedoch zukünftig ein deutlich verändertes Bewertungs- und Handlungsmuster erfordern. Auch der LESS-Score nach Padua et al. (2009) sowie der Risiko-Score haben das bestehende Gefährdungspotential nicht hinreichend aufdecken können. Dies deckt sich mit kürzlich veröffentlichten Ergebnissen, die den LESS-Scores als ungeeignet zur Einschätzung des Risikopotentials für VKB-Verletzungen erscheinen lassen (Smith et al. 2011). Auch zu diesen Scores und den darin bewerteten, vermeintlich problematischen Bewegungsmustern sind die gleichen Überlegungen wie bereits für den dynamischen Knievalgus anzustellen.

Literatur

- Alentorn-Geli, E., Myer, G.D., Silvers H.J., Samitier, G., Romero, D., Lazaro-Haro, C. & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(7), 705-729.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G.D., Silvers H.J., Samitier, G., Romero, D., Lazaro-Haro, C. & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(8), 859-79.
- Bahr, R., Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med.* 39, 324-329.
- Daniel, D.M.; Stone, M.L.; Dobson, B.E.; Fithian, D.C.; Rossman, D.J.; Kaufman, K.R. (1994): Fate of the ACL injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med* 22, 632-644.
- Eloranta, V.; Komi, P. (1980): Function of the quadriceps femoris muscle under maximal concentric and eccentric contractions. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 20, 159-174.
- Gehring, D., Melnyk, M., Gollhofer, A. (2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical Biomechanics* 24, 82-87.
- F-MARC, The 11+: Football For Health - Complete Warm-Up, FIFA, Zürich, CH (2007), <http://f-marc.com/11plus/index.html>, Zugriff: 02.08.2010
- Gehring, D., Melnyk, M., Gollhofer, A. (2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical Biomechanics* 24, 82-87.
- Gokeler, A., Zantop, T. & Jöllenbeck, T. (2011). Vorderes Kreuzband: Epidemiologie. GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband, www.gots.org, 3-14.
- Jöllenbeck, T., Freiwald, J., Engelhardt, M., Dann, K., Krüger-Franke, M., Mayr, H., Gokeler, A. & Miltner, O. (2011). Vorderes Kreuzband: Prävention von Kreuzbandverletzungen. GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband, www.gots.org, 15-26.
- Jöllenbeck, T., Neuhaus, D., Grebe, B. & Röckel, M. (2010). Verletzungen des vorderen Kreuzbandes - Risikobewertung am Beispiel zweier U17-Mannschaften. In: O. Höner, R. Schreiner & F. Schultz (Hrsg.), *Aus- und Fortbildungskonzepte im Fußball – Beiträge und Analysen zum Fußballsport XVII*. Schriften der dvs, 206, Hamburg: Czwalina, 223-230.
- Jöllenbeck, T., Grebe, B. & Neuhaus, D. (2009). Estimation of Potential Risk of ACL Rupture in Female Soccer Players and Effectiveness of a Prevention Training Program. In: A.J. Harrison, R. Anderson & I. Kenny (Eds.), *Proceedings of the XXVII ISBS*, pp. 433-436.
- Kernozeck, T.W., Torry, M.R., Iwasaki, M. (2008). Gender differences in lower extremity landing mechanics caused by neuromuscular fatigue. *Am J Sports Med.* 36, 3, 554-565.
- Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS. (2005): Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: a 2 year follow up. *Amer J Sports Med.* 33, 7, 1003-9
- Padua, D.A., Marshall, S.W., Boling, M.C., Thigpen, C.A., Garrett W.E. & Beutler, A.I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) Is a Valid and Reliable Clinical Assessment Tool of Jump-Landing Biomechanics. *Am J Sports Med* 37(10), 1996-2002.
- Padua, D.A., DiStefano, L.J., Marshall, S.W., Beutler, A.I., de la Motte, S.J., DiStefano, M.J (2011). Retention of Movement Patterns Changes After a Lower Extremity Injury Prevention Program Is Affected by Programm Duration. *Am J Sports Med PreView*, published on November 7, 2011 as DOI: 10.1177/0363546511425474.
- Petersen W., Rosenbaum, D., Raschke M. (2005). Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen. *Deut Z Sportmed.* 56, 6, 150-156.
- Schmalefeld, K. & Olivier, N. (2007). Zum Einfluss hoher neuromuskulärer Beanspruchungen auf Parameter der Bewegungsausführung bei zyklischen Bewegungen. Zugriff am 28.8.2009 unter <http://www.ejournal-but.de>.
- Smith, H.C., Johnson, R.J., Shultz, S.J., Tourville, T., Holterman, L.A., Slauterbeck, J., Vacek, P.M., Beynon, B.D. (2011), A Prospective Evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a Screening Tool for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *Am J Sports Med PreView*, published on November 23, 2011 as DOI:10.1177/0363546511429776.